"Problems of Architecture and Construction "

Volume 2
Issue 1 *Problems of Architecture and Construction 2019_1*

Article 17

4-21-2019

MODULE PREGANGLIONIC DEFORMATIONS AND MEASURE AGING CREEP OF HETEROGENEOUS MATERIALS

Kh. Turayev
Samarkand State Architecture and Civil engineering Institute

MODULE PREGANGLIONIC DEFORMATIONS AND MEASURE AGING CREEP OF HETEROGENEOUS MATERIALS

Cover Page Footnote
The journal is published under the sponsorship of Samarkand State Architecture and Civil engineering Institute

УДК 539.376

MODULE PREGANGLIONIC DEFORMATIONS AND MEASURE AGING CREEP OF HETEROGENEOUS MATERIALS

Turayev Kh.Sh., Professor, Doctor of Technical Sciences
Samarkand State Architecture and Civil engineering Institute, Uzbekistan

On the basis of numerous studies it can be asserted that the modulus of elastic deformation of aging heterogeneous materials rises with increasing τ age, approaching the limiting value of the modules of deformation for inhomogeneous material of very old age. The analysis of experimental studies based on the study of aging materials in the most important cases of their loading shows that the creep measure under conditions of natural in homogeneity for any τ is a continuous bounded nonnegative function of t for t>τ.

Keywords: elastic deformation, heterogeneous materials, inhomogeneous, creep measure, bounded.

МОДУЛЬ УПРУГОМГНОВЕННОЙ ДЕФОРМАЦИИ И МЕРА ПОЛЗУЧЕСТИ СТАРЕЮЩИХ НЕОДНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Тураев Х.Ш., т.ф.д., профессор
Самрқанд давлат архитектура қурилиш институти (Ўзбекистон)

Кўп сонли тадқиқотларга асосланиб шуни таъкидлаш мумкинки, эскирувчи биржинссиз материални оний эластик деформация модули ёшини ўсиши билан ўзининг маълум чегаравий қийматига яқинлашиб боради. Кўп сонли тажрибалар ва улар асосида олинган графиклар шундан далолат берадики агар t>τ бўлса, эскирувчи материалларда вақт бўйича деформацияланиш ва кучланишни сусайиши, муҳим юкланган ҳолатларда, вақт бўйича деформация меъёри, табиий биржинссиз материалларда ихтиёрий τ учун t вақтнинг узлуксиз, чекланган ва манфий бўлмаган функцияси бўлади.

А. Модуль упруго мгновенной деформации неоднородных материалов.

На основании многочисленных исследований [1,3,9] можно утверждать, что модуль упруго-мгновенной деформации стареющих неоднородных материалов с увеличением их возраста τ - растет, приближаясь к предельному значению модуля упругости $E(x_s)$ для неоднородного материала весьма старого возраста.

При этом, для модуля деформации стареющего неоднородного материала $E(x_s)$ должны удовлетворяться следующие условия:

$$\frac{\partial E(\tau, x_s)}{\partial \tau} \geq 0, \quad \lim_{t\to\infty} E(\tau, x_s) = E_0(x_s); \qquad (1)$$

$$\lim_{t\to\infty} \frac{\partial E(\tau, x_s)}{\partial \tau} = 0, \quad E(\tau, x_s) > 0, \tau \geq \tau_1. \qquad (2)$$

Аналитическое выражение для аппроксимации модуля деформации может быть представлено в виде

$$E(\tau, x_s) = E(\tau)F(x_s)$$

и в более общей форме

$$E(\tau, x_s) = \sum_{k=0}^{n} E_k(\tau)F_k(x_s),$$

где $F(x_s)$ - функция, характеризующая изменение модуля деформации в зависимости от координат точек тела.

Для закона изменения во времени усредненного модуля мгновенной деформации однородного грунта $E(\tau)$ (3) принимается экспоненциальная зависимость [9]:

$$E(\tau) = E_0\left[1 - \beta e^{-\alpha\tau}\right].$$

Из термодинамических соображений [4] следует, что

$$F(x_s) > 0. \qquad (5)$$

Б. Мера ползучести стареющих неоднородных материалов.

Анализ экспериментальных исследований [9, 11, 6], основанных на изучении опытных кривых ползучести и релаксации стареющих материалов в наиболее важных случаях их нагружения, свидетельствует, что мера ползучести $C(t, \tau, x_s)$ в условиях естественной неоднородности их старения при любом, τ, – есть непрерывная, ограниченная неотрицательная функция t для $t > \tau$.

При $0 \leq \tau < t < \infty$ мера ползучести $C(t, \tau, x_s)$ удовлетворяет условиям:

$$\left.\begin{aligned} &C(\tau, \tau, x_s) = 0; \quad C(t, \tau, x_s) > 0 \; при \; t > \tau, \\ &\frac{\partial C(t, \tau, x_s)}{\partial t} \geq 0, \end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

$$\lim_{t\to\infty} \frac{\partial C(t, \tau, x_s)}{\partial t} = 0, \qquad (7)$$

$$\frac{\partial C(t,\tau_1,x_s)}{\partial \tau} < 0, \quad t > \tau, \tag{8}$$

$$\frac{\partial C(t,\tau_1,x_s)}{\partial t} < \frac{\partial C(t,\tau_2,x_s)}{\partial t}, \quad t \ge \tau_2 > \tau_1. \tag{9}$$

На основании указанных выше соображений, и считая, что процесс старения неоднородного материала, не зависящий от процесса деформаций, мера ползучести $C(t,\tau,x_s)$ будет представлена в виде произведения суммы трех функций:

$$C(t,\tau,x_s) = \sum_{k=0}^{n} f_k(t-\tau)\varphi_k(\tau)\phi_k(x_s), \tag{10}$$

где $f_k(t - \tau)$ - функция, характеризующая влияние длительности загружения материала;

$\varphi_k(\tau)$ - функция, учитывающая процесс старения материала;

$\phi(x_s)$ - функция, характеризующая изменения меры ползучести в зависимости от координат.

Отметим, что представленная форма для меры ползучести (10) не предполагает аффинность кривых ползучести.

Рассмотрим характер и изменение меры ползучести $C(t,\tau,x_s)$ в зависимости от времени, возраста τ и координат x_s, представленных в более простой форме

$$C(t,\tau,x_s) = \varphi(\tau) f(t-\tau)\phi(x_s) = \phi C(t,\tau). \tag{11}$$

Такое представление даст возможность в дальнейшем более реально подойти к рассмотрению прикладных задач. Функция старения, функция неоднородности, а также $f(t - \tau)$ в формуле (11) должны быть выбраны таким образом, чтобы удовлетворить возможно большему числу требований (6)-(9). Следует отметить, что мера ползучести $C(t, \tau, x_s)$ должна удовлетворять также условию:

$$\lim_{t\to\infty} C(t,\tau,x_s) = \varphi(\tau)\phi(x_s). \tag{12}$$

При всех $\tau \ge \tau_0$, функция $\varphi(\tau)$ непрерывна и ограничена. С увеличением возраста τ неоднородного материала, функция $\varphi(\tau)$ не возрастает и стремится к постоянной величине C_0 , т.е.

$$\lim_{t\to\infty} \varphi(\tau) = C_0. \tag{13}$$

Из анализа условий (6) - (9), (12) видно, что соотношения (6) означают отсутствие ползучести непосредственно в момент τ приложения напряжений.

Условие (7) показывает, что рассматриваемые материалы обладают затухающей ползучестью.

Выражение (8) является следствием уменьшения деформации ползучести при увеличении возраста материала, а (9) свидетельствует, что при постоянной деформации напряжения уменьшаются во времени (релаксируют), но для любых конечных значений t остаются положительными.

Опыты показывают [7, 11], что при сообщении образцу постоянной деформации, напряжения уменьшаются во времени (релаксируют), но для любых конечных значений времени остается положительными. Таким образом, на ядро ползучести должны быть наложены определенные ограничения, гарантирующие положительность решения уравнение состояния. Для этого достаточно выполнение условия:

$$\frac{\partial}{\partial \tau}\left[\frac{K(t,\tau,x_s)}{E(t,\tau,x_s)}\right] \le 0. \tag{14}$$

Для аппроксимации $f(t - \tau)$ (11) воспользуемся суммой экспоненциальных функций [3]:

$$f\ (t-\tau) = \sum_{n=0}^{m} B_n e^{-\gamma_n (t-\tau)},$$

где B_n и γ_n - постоянные, подобранные надлежащим образом для данного материала, причем $B_0 = 1$, $\gamma_0 = 0$, $\gamma_n > 0$.

Внося выражение (15) в соотношение (11), получим:

$$C(t,\tau,x_s) = \phi_k(x_s)\varphi(\tau)\sum_{n=0}^{m} B_n e^{-\gamma_n (t-\tau)}. \tag{16}$$

Такое представление меры ползучести $C(t,\tau,x_s)$ характерно тем, что оно отражает основные свойства явления ползучести неоднородного материала во времени, т.е. его старение и наследственность. При $m = 1$ (16) принимает вид:

$$C(t,\tau,x_s) = \phi(x_s)\varphi(\tau)\left[1 - e^{-\gamma(t-\tau)}\ \right], \quad \gamma_1 > 0 \tag{17}$$

Функция старения $\varphi(\tau)$ аппроксимируется одним из выражений [11]:

$$\varphi(\tau) = C_0 + \sum_{n=0}^{m} A_n e^{-\beta_n \tau}; \tag{18}$$

$$\varphi(\tau) = C_0 + \sum_{n=0}^{m} \frac{A_n}{\tau^n}, \tag{19}$$

где C_0 – предельное значение меры ползучести для данного материала; A_n, β_n– некоторые параметры, зависящие от свойств и условий старения данного материала. A_n и β_n подбираются, так чтобы соотношение (17) наилучшим образом описывало экспериментальные кривые ползучести рассматриваемого материала.

Многочисленные экспериментальные исследования [5,7] показывают, что для $\varphi(\tau)$ достаточно ограничиться двумя членами ряда (19)

$$\varphi(\tau) = C_0 + \frac{A_1}{\tau}. \tag{20}$$

Функции, характеризующие изменение упругих $F(x_s)$ [13] и реологических $\phi(x_s)$ [11] свойств материала, в зависимости от координат точек тела, устанавливаются из полевых и лабораторных исследований и аппроксимируются непрерывными элементарными функциями. В частности, многочисленные экспериментальные исследования, проведенные в грунтах [11, 6], показывают, что

$$F(X_s) \approx [\phi(x_s)]^{-1}. \tag{21}$$

Важным достоинством меры ползучести $C(t,\tau,x_s)$ в форме (17) является возможность решения уравнения (14) в наиболее доступной форме.

Соотношения (11), (15)-(19) для меры ползучести предсказывают весьма ограниченную скорость деформирования в момент приложения нагрузки, как в молодом, так и старом возрасте материала.

Reference:

1. Alexandrovsky S.V. Calculation of concrete and reinforced concrete structures for temperature and humidity changes taking into account creep. - Moscow: Stroyizdat, 1973.-432 p.

2. Andreev V.I., Dubrovsky A.V. Consideration of material heterogeneity in the calculation of reactor dry protection // Questions of atomic science and technology. Design and construction. -1982, No. 3(13). -P. 3-8.

3. Harutyunyan N. Kh., Kolmanovskii V.B. The Theory of creep of inhomogeneous bodies. M.: Nauka, 1983. -P. 336.

4. Landau L.D., Lifschitz E.M. Theory of elasticity. - M.: Science.

5. Maslov G.N. Thermal stress state in concrete masses in the consideration of concrete creep, HEI Press.-1941.-T. 2.

6. Report comprehensive laboratory of theoretical and applied geomechanics in building the Department of MGrOIF MICE. V.V.Kuibyshev. Calculation of stress-strain state of soils. P., IV unit Tatar NPP. -1990.

7. Prokopovich, I.U., Ulitsky I.I. On the theory of concrete creep, HEI Press. Construction and architecture, -1963, No. 10.

8. Rabotnov Yu.N. The creep of construction elements. - M.: Science, 1966.

9. Goldenblatt I.I., Nikolaenko N.A. The theory of creep of building materials and its applications. -M.: Gosstroiizdat, 1960. -256 p.

10. Prokopovich, I.Y., Zedgenidze V.A. Applied theory of creep. - Moscow: Stroyizdat, 1980. -240 p.

11. Ter-Martirosyan Z.G. Geological parameters, soils and calculations of foundations of structures. -Moscow: Stroyizdat, 1990. -200 C.